

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/001740

International filing date: 01 February 2005 (01.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-026668
Filing date: 03 February 2004 (03.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 March 2005 (17.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

01.2.2005

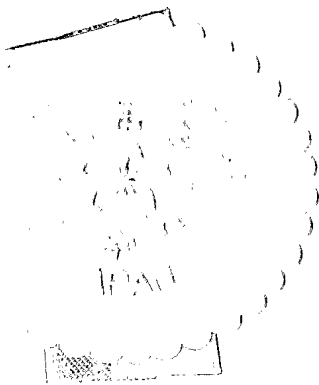
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 2月 3日
Date of Application:

出願番号 特願2004-026668
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2004-026668]

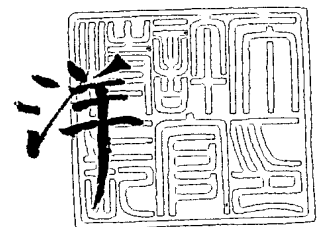
出願人 シャープ株式会社
Applicant(s):



2005年 3月 4日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 03J03435
【提出日】 平成16年 2月 3日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01J 27/08
H01J 37/317

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内
【氏名】 中西 健

【特許出願人】
【識別番号】 000005049
【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】
【識別番号】 100101683
【弁理士】
【氏名又は名称】 奥田 誠司

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 082969
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0208454

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

チャンバーと、

前記チャンバー内の気体を排気する排気部と、

前記チャンバーに設けられたイオン源であって、ドーピングすべき元素を含むガスを導入する導入口を含み、前記導入口から導入される前記ガスを分解し、前記ドーピングすべき元素を含むイオンを生成するイオン源と、

前記イオン源で生成したイオンを前記イオン源から引き出し、前記チャンバー内に保持された対象物に向けて加速するための加速部と、

前記加速されたイオンによるビーム電流を測定するビーム電流計測器と、
を備え、前記ビーム電流計測器によってビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記ドーピングすべき元素を含むイオンを前記対象物に自動的に注入を開始するイオンドーピング装置。

【請求項 2】

前記ビーム電流の一回の測定を 5 0 ミリ秒から 1 秒の範囲で行う請求項 1 に記載のイオンドーピング装置。

【請求項 3】

前記ビーム電流の測定間隔が 1 0 0 ミリ秒から 1 秒の範囲である請求項 1 または 2 に記載のイオンドーピング装置。

【請求項 4】

前記ビーム電流の測定を 3 回から 1 0 回の範囲で行う請求項 1 から 3 のいずれかに記載のイオンドーピング装置。

【請求項 5】

前記ビーム電流計測器によってビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記ドーピングすべき元素を含むイオンが前記対象物に照射されるように前記加速されたイオンまたは前記対象物の少なくとも一方を制御する制御部をさらに備える請求項 1 から 4 のいずれかに記載のイオンドーピング装置。

【請求項 6】

前記イオン源は、熱電子を放出するフィラメント、および、前記フィラメントとの間においてアーク放電を行い、前記ガスを分解するためのアノード電極をさらに含み、

前記制御部は、前記フィラメントと前記アノード電極との間を流れるアーク電流が一定となるよう前記アーク放電を制御する請求項 5 に記載のイオンドーピング装置。

【請求項 7】

絶縁性表面を有する基板と、前記基板上に設けられた結晶性シリコン膜とを備え、請求項 1 から 6 のいずれかに記載のイオンドーピング装置を用いて前記ドーピングすべき元素を不純物として前記結晶性シリコン膜へ導入することにより、ソース領域、ドレイン領域およびチャネル領域が前記結晶性シリコン膜中に形成された複数の半導体素子を含む半導体装置。

【請求項 8】

前記複数の半導体素子における前記チャネル領域の不純物濃度の平均値を Ave とし、標準偏差を σ としたとき、

$$0.05 \geq 3\sigma / Ave$$

を満たしている請求項 7 に記載の半導体装置。

【請求項 9】

前記複数の半導体素子における前記ソース領域およびドレイン領域の不純物濃度の平均値を Ave とし、標準偏差を σ としたとき、

$$0.05 \geq 3\sigma / Ave$$

を満たしている請求項 7 に記載の半導体装置。

【請求項 10】

前記結晶性シリコン膜は、アモルファスシリコン膜の結晶性を助長する触媒元素により

、結晶化されている請求項 7 に記載の半導体装置。

【請求項 11】

前記アモルファスシリコン膜は 25 nm 以上 80 nm 以下の厚さを有している請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 12】

前記結晶性シリコン膜は、 $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下の濃度で前記触媒元素を含んでいる請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 13】

前記触媒元素は、ニッケル、コバルト、パラジウム、白金、銅、銀、金、インジウム、スズ、アルミニウムおよびアンチモンからなるグループから選ばれる少なくとも一種の元素である請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 14】

前記触媒元素はニッケルである請求項 8 に記載の半導体装置。

【請求項 15】

前記結晶性シリコン膜は、前記触媒元素導入後、炉による熱処理、ランプアニールおよびレーザ照射の 1 つ以上の方法により行われている請求項 10 に記載の半導体装置。

【請求項 16】

ドーピングすべき元素を含むガスを分解するステップと、

前記分解ステップにより生じたイオンを所定の電圧で加速することにより、対象物に前記イオンを衝突させるステップと、

を包含するイオンドーピング方法であって、

対象物に前記イオンを衝突させる前に、前記加速されたイオンによるビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記ドーピングすべき元素を含むイオンを前記対象物に注入を開始するイオンドーピング方法。

【請求項 17】

前記ドーピングすべき元素はボロンまたはリンである請求項 16 に記載のイオンドーピング方法。

【請求項 18】

絶縁性表面を有する基板上にアモルファスシリコン膜を形成するステップ (A) と、

前記アモルファスシリコン膜に触媒元素を添加するステップ (B) と、

前記触媒元素が添加されたアモルファスシリコン膜を熱処理することにより、結晶化を行い、前記アモルファスシリコン膜から結晶性シリコン膜を得るステップ (C) と、

不純物元素を含むガスを分解し、前記分解により生じたイオンを加速し、加速されたイオンによるビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記イオンを前記結晶性シリコン膜に導入するステップ (D) と、

前記前記結晶性シリコン膜を熱処理するステップ (E) と、

を包含する半導体装置の製造方法。

【請求項 19】

前記ステップ (C) の後、前記結晶性シリコン膜上に絶縁膜を形成する工程をさらに含み、

前記ステップ (D) は、

第 1 の不純物元素を含むガスを分解し、前記分解により生じたイオンを加速し、加速されたイオンによるビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記絶縁膜を介して前記イオンを前記結晶性シリコン膜に導入するステップ (D1) と、

前記結晶性シリコン膜上に導電性有する材料からなるパターンを形成する工程 (D2) と

、
第 2 の不純物元素を含むガスを分解し、前記分解により生じたイオンを加速し、加速されたイオンによるビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記パターンをマスクとして前記イオンを前記結晶性シリコン膜に導入す

るステップ(D2)と、
を包含する請求項18に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項20】

前記第1の不純物元素はボロンであり、前記第2の不純物元素はリンである請求項19に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項21】

前記触媒元素は、ニッケル、コバルト、パラジウム、白金、銅、銀、金、インジウム、スズ、アルミニウムおよびアンチモンからなるグループから選ばれる少なくとも一種の元素である請求項18に記載の半導体装置の製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】イオンドーピング装置、イオンドーピング方法、半導体装置および半導体装置の製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、イオンを対象物に注入あるいはドーピングするイオンドーピング装置に関し、特に量産性に優れたイオンドーピング装置に関する。また、イオンドーピング装置を用いて製造された半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、大型で高解像度の液晶表示装置、高速で高解像度の密着型イメージセンサ、三次元 IC 等を実現するため、ガラス等の絶縁基板上に高性能な半導体素子を形成することが試みられている。

【0003】

こうした半導体素子を形成するには、薄膜状の半導体層を形成する必要がある。従来よりアモルファスシリコン半導体 (a-Si) からなる半導体薄膜、あるいは、多結晶シリコンおよび微結晶シリコン等の結晶性シリコン半導体からなる半導体薄膜を用いて絶縁性基板上に半導体素子を形成することが知られている。

【0004】

アモルファスシリコン半導体薄膜は、気相法を用いて比較的低温で形成することが可能であるため、量産性に優れ、最も一般的に使用されている。しかしながら、アモルファスシリコン半導体薄膜は導電性等の物性の点で劣っている。このため、半導体素子に高い性能が要求される上述の装置等には、アモルファスシリコン半導体薄膜は適していない。

【0005】

一方、結晶性シリコン半導体薄膜は導電性に優れており、上述の装置等に用いるために、種々の研究および開発がなされている。薄膜状の結晶性シリコン半導体を得る方法としては、以下の方法が知られている。

(1) 成膜時に結晶性を有するシリコン半導体膜を直接形成する。

(2) アモルファスシリコン半導体膜を形成し、強光を照射して、そのエネルギーによって、アモルファスシリコンを結晶化させる。

(3) アモルファスシリコン半導体膜を形成し、熱エネルギーを加えることによって、アモルファスシリコンを結晶化させる。

【0006】

(1) の方法においては、成膜工程と同時にシリコンの結晶化が進行するため、形成する膜の厚さを十分大きくしなければ、結晶粒径の大きい結晶性シリコンが得られない。このため、この方法により、大きな面積を有する基板の全面に渡り、良好な半導体特性を有する結晶性シリコン半導体膜を形成するのは、技術的に困難である。また、600℃以上の温度で成膜する必要があるため、軟化点の低い安価なガラス基板を絶縁性基板として使用できず、製造コストの点で問題がある。

【0007】

(2) の方法においては、熔融固化過程の結晶化現象を利用するため、結晶粒径は小さいものの粒界が良好に処理され、高品質な結晶性シリコン半導体が得られる。しかしながら、強い光を大面積に渡って照射する実用的な手段を確保することが困難である。たとえば、現在最も一般的に利用されているエキシマレーザを用いる場合、レーザ光の安定性が十分ではないため、大面積の基板の全面を均一に処理して結晶性シリコン膜を得ることは難しい。このため、同一基板上に均一な特性を有する複数の半導体素子を形成することが困難である。また、レーザ光の照射面積が小さいため、生産効率が悪い。

【0008】

(3) の方法においては、(1) および (2) の方法に比べると大面積の結晶性シリコン半導体膜を得やすいという利点がある。しかし、結晶化には600℃以上の高温で数十

時間にわたる加熱処理が必要である。このため、安価なガラス基板を用いるために加熱温度を下げた場合、加熱時間をより長くする必要があり、スループットが低下してしまう。また、この方法においては、固相結晶化現象を利用するため、結晶粒は基板面に平行に広がり、その結晶粒径は数 μm に達することもある。ところが、成長した結晶粒同士がぶつかり合って粒界が形成されるため、その粒界はキャリアに対するトラップ準位として働き、電子移動度を低下させる原因になる。

【0009】

上記3つの方法のうち、(3)の方法が有望な方法として特に注目されており、(3)の方法を応用して、より低温かつ短時間の熱処理により、高品質で均一性の高い結晶性シリコン膜を形成する方法が、たとえば特許文献1～3に開示されている。

【0010】

これらの特許文献に開示された方法では、アモルファスシリコン膜の表面に微量のニッケル等の金属元素を導入し、熱処理を行なうことによって、600℃以下の低温でかつ数時間程度の処理時間で結晶化を行うことが可能であることが示されている。

【0011】

この方法によれば、まず導入した金属元素を核とした結晶核発生が熱処理時の早い段階で生じ、その後、金属元素が触媒となってシリコンの結晶成長を促して、結晶化が急激に進行するものと考えられる。このため、導入する金属元素は触媒元素と呼ばれる。通常の固相成長法によって結晶化したシリコン膜が双晶構造を有しているのに対して、この方法により得られた結晶性シリコン膜は、何本もの柱状結晶で構成されており、それぞれの柱状結晶内部は単結晶に近い状態になっているという特徴を有する。

【0012】

この方法では、触媒元素がシリコン膜中に残存していると、正常な半導体素子特性が得られない。このため特許文献1あるいは特許文献4に開示されているように、リンイオン等を用いて触媒元素を捕捉することが行われる。具体的には、触媒元素を導入し、熱処理することにより得られた結晶性シリコン膜をパターンニング後、その表面上にゲート絶縁膜を設け、さらにゲート電極を設ける。そして、ゲート電極をマスクとしてパターンニングされた結晶性シリコン膜にリンイオンをドーピングする。これにより、ゲート電極直下の領域以外の領域（ソース・ドレイン領域）にリンがドーピングされる。これを熱エネルギー、あるいは、レーザー光により活性化することによって、ゲート電極直下の領域の触媒元素がソース・ドレイン領域に捕捉（ゲッターリング）され、ゲート直下の領域をチャネル領域とする薄膜トランジスタが形成される。

【特許文献1】特開平6-333824号公報

【特許文献2】特開平6-333825号公報

【特許文献3】特開平8-330602号公報

【特許文献4】特開平8-236471号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上述のリンイオンのドーピングは、大面積の結晶性シリコン膜に対して行う必要がある。このため、大面積のイオンビームを照射することができるイオンドーピング装置が用いられる。このイオンドーピング装置では、大量のイオンを発生させ、大面積のイオンビームを形成するために、ジボランやホスフィンを原料とし、イオン源でこれらを分解して生成したイオンビームを、質量分離器を通すことなく結晶性シリコン膜に照射する。このようなイオンドーピング装置は、薄膜トランジスタの閾値電圧を制御するため、チャネル領域に微量のボロンイオンを注入する際にも用いられる。イオンビームよりも大きな面積にイオンのドーピングを行う場合には、イオンビームあるいは基板を移動させることによって基板に対してイオンビームをスキャンさせる。

【0014】

このタイプの従来のイオンドーピング装置を用いて薄膜トランジスタを作製する場合、

リンイオンやボロンイオン注入の精度により、ソース・ドレイン領域の抵抗、触媒元素のゲッタリング能力、閾値電圧、信頼性特性、均一性（特性の均質性）、歩留りなどが大きく影響を受ける。特に、閾値電圧および信頼性特性を制御するためには、イオン注入をより高い精度で制御する必要がある。

【0015】

従来のイオンドーピング装置は、加速電圧およびドーズ量（注入量）を調節することにより、イオン注入を制御している。しかし、これらを調節するだけでは、生成するイオン種のイオン種比率および注入量の制御が不十分であり、仕様を満足する閾値電圧および信頼性を有するトランジスタを、ばらつきなく、かつ、高い歩留まりで作製することが困難である。

【0016】

特に、従来のイオンドーピング装置では、発生させたプラズマから取り出したイオンビームのビーム電流密度が不安定な状態で、基板のスキャン速度が決定されイオン注入が開始されるため、スキャンの途中でイオンビーム電流密度が変化してしまう。このため、注入量が大きくずれ、T F T 特性が変動するという問題が発生する。

【0017】

また、スキャン速度を決定する際にイオンビーム電流密度が一時的に大きくなっていると、イオンビーム電流密度から決定されるスキャン速度が装置の制御範囲を超えるほど速くなることがある。この場合にはイオンドーピング装置は異常を検知して停止してしまうため、稼働率が低下してしまう要因となる。

【0018】

一方、イオンビーム電流密度が所定の値でなくとも、安定すれば、イオン注入を開始するように制御している場合、イオンドーピング装置を同一の条件で運転してもイオン種比率の変動が生じることがある。この場合、特に、正確な注入制御が要求されるチャンネル部へのボロンイオンの低濃度ドーピング、および、LDD領域へのリンイオンの低濃度ドーピングの制御性が悪くなり、閾値電圧や信頼性特性を所望の値に制御することが困難となる。このため、薄膜トランジスタの製造歩留りも低下してしまう。

【0019】

本発明は、このような従来の問題を解決し、ドーピング量の制御性が良く、安定したドーピングを行うことが可能なイオンドーピング装置およびイオンドーピングを提供することを目的とする。また、本発明はイオンドーピング装置を用いて製造される半導体装置およびその製造方法にも関する。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明のイオンドーピング装置は、チャンバーと、前記チャンバー内の気体を排気する排気部と、前記チャンバーに設けられたイオン源であって、ドーピングすべき元素を含むガスを導入する導入口を含み、前記導入口から導入される前記ガスを分解し、前記ドーピングすべき元素を含むイオンを生成するイオン源と、前記イオン源で生成したイオンを前記イオン源から引き出し、前記チャンバー内に保持された対象物に向けて加速するための加速部と、前記加速されたイオンによるビーム電流を測定するビーム電流計測器とを備え、前記ビーム電流計測器によってビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記ドーピングすべき元素を含むイオンを前記対象物に自動的に注入を開始する。

【0021】

ある好ましい実施形態において、前記ビーム電流の一回の測定を50ミリ秒から1秒の範囲で行う。

【0022】

ある好ましい実施形態において、前記ビーム電流の測定間隔が100ミリ秒から1秒の範囲である。

【0023】

ある好ましい実施形態において、前記ビーム電流の測定を3回から10回の範囲で行う。

【0024】

ある好ましい実施形態において、イオンドーピング装置は、前記ビーム電流計測器によってビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記ドーピングすべき元素を含むイオンが前記対象物に照射されるように前記加速されたイオンまたは前記対象物の少なくとも一方を制御する制御部をさらに備える。

【0025】

ある好ましい実施形態において、前記イオン源は、熱電子を放出するフィラメント、および、前記フィラメントとの間においてアーク放電を行い、前記ガスを分解するためのアノード電極をさらに含み、前記制御部は、前記フィラメントと前記アノード電極との間を流れるアーク電流が一定となるよう前記アーク放電を制御する。

【0026】

本発明の半導体装置は、絶縁性表面を有する基板と、前記基板上に設けられた結晶性シリコン膜とを備え、上記いずれかに記載のイオンドーピング装置を用いて前記ドーピングすべき元素を不純物として前記結晶性シリコン膜へ導入することにより、ソース領域、ドレイン領域およびチャネル領域が前記結晶性シリコン膜中に形成された複数の半導体素子を含む。

【0027】

ある好ましい実施形態において、前記複数の半導体素子における前記チャネル領域の不純物濃度の平均値を Ave とし、標準偏差を σ としたとき、 $0.05 \geq 3\sigma / Ave$ を満たしている。

【0028】

ある好ましい実施形態において、前記複数の半導体素子における前記ソース領域およびドレイン領域の不純物濃度の平均値を Ave とし、標準偏差を σ としたとき、 $0.05 \geq 3\sigma / Ave$ を満たしている。

【0029】

ある好ましい実施形態において、前記結晶性シリコン膜は、アモルファスシリコン膜の結晶性を助長する触媒元素により、結晶化されている。

【0030】

ある好ましい実施形態において、前記アモルファスシリコン膜は25 nm以上80 nm以下の厚さを有している。

【0031】

ある好ましい実施形態において、前記結晶性シリコン膜は、 $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下の濃度で前記触媒元素を含んでいる。

【0032】

ある好ましい実施形態において、前記触媒元素は、ニッケル、コバルト、パラジウム、白金、銅、銀、金、インジウム、スズ、アルミニウムおよびアンチモンからなるグループから選ばれる少なくとも一種の元素である。

【0033】

ある好ましい実施形態において、前記触媒元素はニッケルである。

【0034】

ある好ましい実施形態において、前記結晶性シリコン膜は、前記触媒元素導入後、炉による熱処理、ランプアニールおよびレーザ照射の1つ以上の方法により行われている。

【0035】

また、本発明のイオンドーピング方法は、ドーピングすべき元素を含むガスを分解するステップと、前記分解ステップにより生じたイオンを所定の電圧で加速することにより、対象物に前記イオンを衝突させるステップとを包含し、対象物に前記イオンを衝突させる前に、前記加速されたイオンによるビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記ドーピングすべき元素を含むイオンを前記対象物に

注入を開始する。

【0036】

ある好ましい実施形態において、前記ドーピングすべき元素はボロンまたはリンである。

【0037】

本発明の半導体装置の製造方法は、絶縁性表面を有する基板上にアモルファスシリコン膜を形成するステップ（A）と、前記アモルファスシリコン膜に触媒元素を添加するステップ（B）と、前記触媒元素が添加されたアモルファスシリコン膜を熱処理することにより、結晶化を行い、前記アモルファスシリコン膜から結晶性シリコン膜を得るステップ（C）と、不純物元素を含むガスを分解し、前記分解により生じたイオンを加速し、加速されたイオンによるビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記イオンを前記結晶性シリコン膜に導入するステップ（D）と、前記前記結晶性シリコン膜を熱処理するステップ（E）とを包含する。

【0038】

ある好ましい実施形態において、前記ステップ（C）の後、前記結晶性シリコン膜上に絶縁膜を形成する工程をさらに含み、前記ステップ（D）は、第1の不純物元素を含むガスを分解し、前記分解により生じたイオンを加速し、加速されたイオンによるビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記絶縁膜を介して前記イオンを前記結晶性シリコン膜に導入するステップ（D1）と、前記結晶性シリコン膜上に導電性有する材料からなるパターンを形成する工程（D2）と、第2の不純物元素を含むガスを分解し、前記分解により生じたイオンを加速し、加速されたイオンによるビーム電流を複数回測定し、前記測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、前記パターンをマスクとして前記イオンを前記結晶性シリコン膜に導入するステップ（D2）とを包含する。

【0039】

ある好ましい実施形態において、前記第1の不純物元素はボロンであり、前記第2の不純物元素はリンである。

【0040】

ある好ましい実施形態において、前記触媒元素は、ニッケル、コバルト、パラジウム、白金、銅、銀、金、インジウム、スズ、アルミニウムおよびアンチモンからなるグループから選ばれる少なくとも一種の元素である。

【発明の効果】

【0041】

本発明によれば、ドーピングを開始する直前のビーム電流を測定し、ビーム電流が安定してからドーピングを開始するので、注入時のイオンビームが安定し、イオンのドーピング量を正確に制御することのできるイオンドーピング装置が実現する。ビーム電流が安定した状態では、イオン源におけるプラズマの生成も安定しているため、生成するイオン種の比率に変動が生じにくく、均一性のよい、イオンビームを射出させることができる。このため、イオンドーピングされる基板面内におけるドーピング量も均一となる。基板に複数の薄膜トランジスタが作製される場合には特性のばらつきが小さくなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0042】

図1は、本発明のイオンドーピング装置の一実施形態を示している。図1に示すイオンドーピング装置10は、チャンバー11と、排気部13と、イオン源12と、加速部23と、制御部27とを備える。

【0043】

排気部13は、公知のポンプなどで構成され、チャンバー11内の気体を排気し、チャンバー内の圧力を適切な値に維持することができる。図示していないが、排気部13にはイオンドーピング装置で用いる種々のガスを無害なものにするための除害装置が接続されている。

【0044】

イオン源 12 は、たとえば、アーク放電によってドーピングすべき元素を含むガスを分解してプラズマを生成し、ドーピングすべき元素を含むイオンを生成する。イオン源 12 はチャンバー 11 内に設けられており、アークチャンバー 30 と、ガス導入口 14 と、フィラメント 15 とを含む。ガス導入口 14 はアークチャンバー 30 に設けられ、ガス導入口 14 を介して、ドーピングすべき元素を含むガスがイオン源 12 のアークチャンバー 30 に導入される。フィラメント 15 はアークチャンバー 30 の天井部に設けられている。図 1 では、フィラメント 15 は 3 つ示されているが、アークチャンバー 30 の形状や必要とされるイオンビームの形状および大きさに応じて、適当な数および配置が選択される。アノード電極 17 は、アークチャンバー 30 側面に設けられている。アークチャンバー 30 の周囲には、アークチャンバー 30 内に生成したプラズマを閉じ込めるための環状磁石 31 が設けられている。

【0045】

フィラメント 15 には、フィラメント電源 16 がそれぞれ接続される。また、フィラメント 15 とアノード電極 17 との間にはアーク電源 20 が接続される。

【0046】

加速部 23 は、イオン源 12 で生成したイオンをイオン源 12 から引き出し、対象物に向けてイオンを加速する。本実施形態では、イオン源 12 で生成したイオンは質量分離器によって分離されることなく、すべて加速部 23 で加速される。このために、加速部 23 は、電極 18 と、引き出し用電源 21 と、加速用電源 22 と、減速用電源 32 とを含む。また、電極 18 は、第 1 の電極 18 a、第 2 電極 18 b、第 3 の電極 18 c および第 4 の電極 18 d を含み、アークチャンバー 30 の開口に設けられている。第 1 の電極 18 a はアークチャンバー 30 開口に最も近くに位置しており、第 1 の電極 18 a とアーク電極 17 との間に引き出し用電源 21 が接続されている。

【0047】

第 1 の電極 18 a と第 2 の電極 18 b との間および第 2 の電極 18 b と第 3 の電極 18 c との間には、それぞれ電源 22 a および 22 b が接続され、第 3 の電極 18 c と第 4 の電極 18 d との間には減速電源 32 が接続されている。電源 22 a は、第 1 の電極 18 a と第 2 の電極 18 との間にイオン源 12 で生成したイオンを引き出すための電圧を印加し、電源 22 b は、引き出されたイオンを加速させるための電圧を第 2 の電極 18 b と第 3 の電極 18 c との間に印加する。電源 22 a および電源 22 b で印加する合計の電圧を一般に加速度電圧と呼ぶ。一方、減速用電源 32 は、基板 25 にイオンが照射される際に発生する二次電子がイオン源 12 内へ侵入しないようにする。

【0048】

なお、本実施形態では、4 枚の電極 18 で構成される加速部 18 を例示しているが、電極の数は 2 枚あるいは 5 枚以上であってもよい。また、二次電子のイオン源 12 への侵入が問題とならない場合や、他の手段によって二次電子の侵入を防止する場合には、減速電圧および減速用電源に接続される電極は省略してもよい。

【0049】

電極 18 を挟んでアークチャンバー 30 の開口と対向する位置にはイオンを導入する対象物である基板 25 が基板ホルダ 28 により保持される。イオンビームが照射される位置に必要なときのみ基板 25 が配置されるよう、イオンドーピング装置 10 は、基板ホルダ 28 を移動させるための移動機構 29 を備えていることが好ましい。このような移動機構 29 は、イオン源 12 から得られるイオンビーム 33 の形状が、基板 25 を一度に照射できないものである場合に、イオンビーム 33 が基板 25 上を走査するように基板 25 を移動させることもできる。

【0050】

基板 25 の下方にはイオンビーム 33 による電流を計測するためのビーム電流計測器 26 が設けられている。ビーム電流計測器 26 は、イオンビーム 33 の電流を計測することが可能であり、公知のビーム電流計測器を用いることができる。電流の代わりに電流密度

を求めてもよく、本願明細書において「イオンビーム電流」は「イオンビーム電流密度」を含むものとする。

【0051】

制御部 27 は、ガス導入口 14 から導入するガスの流量、フィラメント電源 16、アーク電源 20、引き出し用電源 21、加速用電源 22 および移動機構 29 を制御する。また、以下において詳細に説明するように、ビーム電流計測器 26 を制御し、ビーム電流計測器 26 から得られる測定値であるイオンビーム電流を複数回測定し、測定したイオンビーム電流が所定の範囲内である場合に、基板 25 へのイオン注入を自動的に開始する。

【0052】

次にイオンドーピング装置 10 の動作およびイオンドーピング装置 10 を用いたイオンドーピング方法を説明する。基板 25 を基板ホルダ 28 に固定し、移動機構 29 によってイオンビーム 33 が照射しない位置に基板 25 を配置する。所定の真空度に達するまでチャンバー 11 内を所定の真空度に達するまで排気しておく。基板 25 の表面には、たとえば、不純物イオンを導入すべき半導体膜が形成されている。

【0053】

まず、ガス導入口 14 から不純物イオンとなる元素を含むガスを導入する。たとえば、シリコン半導体に対して N 型ドーパントとなるリンを不純物イオンとして対象物に導入する場合には、ホスフィン (PH_3) を用い、P 型ドーパントとなるボロンを不純物イオンとして対象物に導入する場合には、ジボラン (B_2H_6) を用いる。これにより、アークチャンバー 30 内は不純物イオンとなる元素を含む低圧のガスで満たされる。

【0054】

フィラメント電源 16 を用いてフィラメント 15 に所定の電圧を印加し、フィラメント 15 に電流を流すとともに、アーク電源 20 によりフィラメント 15 とアーク電極 17 との間に所定の電圧を印加すると、フィラメント 15 により加熱された熱電子がフィラメント 15 からアークチャンバー 30 内へ放出され、アーク電極 17 へ到達する。この電子の放出はアーク放電となる。放出された熱電子は、アークチャンバー 30 内のホスフィンやジボランと衝突し、これらの分子が分解するとともにイオン化され、プラズマが生成する。

【0055】

生成したプラズマ中の陽イオンは、引き出し用電源 21 によってアーク電極 17 と第 1 の電極 18 a との間に印加される電圧、および、電源 22 a によって第 1 の電極 18 a と第 2 の電極 18 b との間に印加される電圧により、アークチャンバー 30 の開口から外へ引き出される。引き出された陽イオンは、電源 22 a によって第 2 の電極 18 b と第 3 の電極 18 c との間に印加される電圧により加速される。加速された陽イオンがイオンビーム 33 となってアークチャンバー 30 の開口から照射される。

【0056】

本発明のイオンドーピング装置 10 では、イオンビーム 33 が安定してから基板 25 へのイオンドーピングが開始されるように制御部 27 が制御する。具体的には、注入開始の前に、まず、ビーム電流計測器 26 によって、イオンビーム 33 のイオンビーム電流を複数回計測する。このとき、イオンビーム 33 が基板 25 に照射されないよう、基板ホルダ 28 をイオンビーム 33 の照射範囲外の位置にあることが好ましい。

【0057】

イオンビーム電流の測定における 1 回の測定時間は、50 ミリ秒から 1 秒の範囲であることが好ましい。測定時間が 50 ミリ秒より短い場合、設定するビーム電流密度によっては、測定時間内に検出する電荷の量が少なくなり測定精度が悪くなる可能性がある。また、イオンビーム電流の計測間隔によっては、制御部 27 のデータ処理に要する時間より短くなり、制御部 27 が計測したデータを正しく処理できなく可能性がある。一方、測定時間が 1 秒より長くなると測定に要する時間が長くなりすぎ、特に、イオンドーピング装置 10 を用いて半導体装置を量産する場合には適さない。測定時間を 50 ミリ秒から 1 秒の間に設定することにより、測定精度を保ちながら量産設備として実用的な処理能力を備え

ることができる。

【0058】

イオンビーム電流の計測間隔は、100ミリ秒から1秒の範囲であることが好ましい。100ミリ秒より短い場合、計測間隔が短くなりすぎ、イオンビーム電流の安定性を評価するのに適さない。一方、1秒よりも計測間隔が長い場合、測定に要する時間が長くなりすぎ、特に、イオンドーピング装置10を用いて半導体装置を量産する場合には適さない。測定間隔を100ミリ秒から1秒の間に設定することにより、イオンビーム電流の安定性を正しく評価し、かつ、量産設備として実用的な処理能力を備えることができる。

【0059】

測定回数は、3回から10回の範囲が好ましい。3回より少ないと、サンプリング回数が少なすぎ、安定性を評価するのに適さない。一方、10回よりも測定回数が多い場合、測定に要する時間が長くなりすぎ、特に、イオンドーピング装置10を用いて半導体装置を量産する場合には適さない。測定回数を上述の範囲に設定することにより、イオンビーム電流の安定性を正しく評価し、かつ、量産設備として実用的な処理能力を備えることができる。

【0060】

また、ビーム電流密度安定しているかどうかは、測定値が目標としている設定範囲内であるかどうかを基準として判断する。設定範囲は目標値に対して±10%など設定範囲の上限および下限を所定の値で定めてもよいし、ばらつきを標準偏差で管理してもよい。たとえば、上述の測定時間、測定間隔および測定回数で計測したビーム電流密度値の平均値を Ave とし、標準偏差を σ として、 $3\sigma/Ave$ の値を求め、 $3\sigma/Ave$ の値で管理を行ってもよい。この場合には、 $3\sigma/Ave$ の値が10%以下であることが好ましく、5%以下であることがより好ましい。

【0061】

このようにして、制御部27はイオンビーム電流の測定を行い、測定値に基づいて、イオンビーム電流が安定しているかどうかを判断する。そして、ビーム電流密度値が所定の範囲内である場合に、移動機構29を制御して、基板ホルダ28をイオンビーム33が照射する位置に移動させる。これにより、基板25にイオンビーム33が照射され、自動的にイオンドーピングが開始される。基板25へのイオンビーム33の照射時間はたとえば、目標値あるいは、上述の測定で求めた平均値に基づき、制御部27が計算し、計算結果に基づいて、基板25がイオンビーム33に所定の時間照射されるよう移動機構29を制御する。

【0062】

イオンビーム電流を計測してから、イオンドーピングを開始するまでの時間は短いほうが好ましい。実際に照射される直前の値に基づいて制御するほうが、ドーピング量をより正確に制御できるからである。計測後ドーピングを開始するまでの好ましい時間はイオンドーピング装置10の大きさや、扱う基板25の大きさ、基板25を搬送する移動機構29の性能などに依存するが、たとえば、1秒以内の時間であることが好ましい。

【0063】

このように、本発明のイオンドーピング装置によれば、ドーピングを開始する直前のビーム電流密度を測定し、ビーム電流密度が安定してからドーピングを開始する。イオンビームのオーバーシュート、出力不足などイオンビームが不安定な場合にはドーピングが行われない。このため、イオンのドーピング量を正確に制御することができる。また、ビーム電流密度が安定した状態では、イオン源におけるプラズマの生成も安定しているため、生成するイオン種の比率に変動が生じない。このため、薄膜トランジスタにおけるチャネル領域の閾値制御にイオンをドーピングする場合にも本発明のイオンドーピング装置は優れた制御性を示す。

【0064】

なお、上記実施形態では、非質量分離型のイオンドーピング装置10について説明したが、本発明は質量分離型のイオンドーピング装置についても適用することが可能である。

また、上記実施形態において、電流計 19 を設け、フィラメント 15 とアーク電極 17 との間を流れるアーク電流が一定となるよう、制御装置 27 がアーク放電を制御してもよい。具体的には、電流計 19 で計測した電流値に基づいて、アーク電流が一定となるよう、フィラメント電源 20 およびアーク電源 21 を制御する。これにより、フィラメント 15 を流れる電流量および／またはフィラメント 15 およびアーク電極 17 間のアーク電圧が調節され、フィラメントから放出される単位時間当たりの熱電子量が一定に保たれる。一定の割合でガス導入口 14 から導入されるガスに対し供給される熱電子量も一定となるため、ガスの分解が一定の状態に保たれ、生成するイオン種の比率をより安定して一定に保つことができる。

【0065】

また、本実施形態では、移動機構 29 を用いて必要なときのみイオンビーム 33 が基板 25 に照射されるようにしているが、イオン源 12 と基板 25 との間にシャッタなどを設け、制御部がシャッタを開閉し、イオンビーム 33 を制御することによって、必要なときのみイオンビーム 33 が基板 25 に照射されるようにしてもよい。この場合には、シャッタが閉じられているときにもイオンビーム 33 のビーム電流を計測できるよう、シャッタに電流計測器 26 を設けることがこのましい。このように、ビーム電流の計測が可能であり、必要なときにのみイオンビーム 33 が基板 25 に照射されるよう、イオンビームおよび基板 25 の少なくとも一方を制御部が制御することが可能であれば、基板 25 に照射されるイオンビームが安定していることを確認した後、基板 25 へイオンドーピングを開始できる。

【0066】

次に、本発明のイオンドーピング装置を用いて、半導体装置を製造する手順を説明する。以下では、ガラス基板上に画素用スイッチング素子として複数の N 型 TFT（薄膜トランジスタ）を形成し、液晶表示装置用アクティブマトリックス基板を製造する手順を説明する。このような TFT は基板上に数十万から数百万形成され、特に特性が揃っている必要があるが、本発明のイオンドーピング装置は、このような液晶表示装置用アクティブマトリックスの製造に好適に用いることができる。画素用スイッチング素子以外に、アクティブマトリックス型のドライバ回路や薄膜集積回路を構成する素子なども本発明のイオンドーピング装置を用いて好適に作製することができる。

【0067】

図 2 (a) ~ (e) は N 型 TFT を複数含む本発明の半導体装置の製造工程を工程順に示したものである。実際には数十万個以上の TFT が作製されるが、以下の説明では 1 個の TFT を例示する。

【0068】

まず、図 2 (a) に示すように、ガラス基板等の絶縁性基板上 101 上にプラズマ CVD 法によって厚さ 1 ~ 20 nm の酸化シリコンによる下地膜 102 を形成する。次にプラズマ CVD 法によって、厚さ 25 ~ 80 nm、例えば 40 nm の真性アモルファスシリコン膜 103 を形成する。

【0069】

次にスパッタリング法によって、表面濃度が $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ (例えば、 $7 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ とする) になるよう、真性アモルファスシリコン膜 103 に触媒元素として Ni を添加する。その後、熱処理炉、ランプアニールなどを用いて、不活性雰囲気下、540℃ ~ 620℃ の温度で数時間、基板 101 に加熱処理を施す。この加熱処理により、真性アモルファスシリコン膜 103 の結晶化が進行する。本実施の形態においては、熱処理炉を用い、窒素雰囲気下で 580℃ にて 1 時間の熱処理を行う。Ni の添加方法はスパッタリング法に限定されず、Ni 化合物を含む塗布液を用いて、塗布膜を真性アモルファスシリコン膜 103 上に形成し、熱処理をすることにより、塗布膜から真性アモルファスシリコン膜 103 へ Ni を拡散させ、さらに、真性アモルファスシリコンの結晶化を促してもよい。また、触媒元素として Ni 以外にコバルト、パラジウム、白金、銅、銀、金、インジウム、スズ、アルミニウムまたはアンチモンを用いて

もよく、これらの金属のなかから選択した複数の金属を用いてもよい。

【0070】

続いて、図2 (b) に示すように、レーザ照射によって結晶化を行う。レーザ光としては、たとえば、波長248 nm、パルス幅20 nsecのKrFエキシマレーザを用いる。他の波長のレーザを用いてもよい。レーザ光の照射条件は、エネルギー密度が200～400 mJ/cm²、たとえば250 mJ/cm²とし、一か所につき2～10ショット、例えば2ショットとする。レーザ光を照射する際、基板を200～450℃程度の温度で加熱してもよい。このようにレーザ光の照射時に基板の加熱を行うことにより、より効率的にアモルファスシリコンの結晶化を促進させることができる。

【0071】

上述の2段階の熱処理中、触媒元素はシリサイド化することによってアモルファスシリコン膜の結晶成長を助長する。特に、ニッケルのシリサイド化合物であるNiSi₂の結晶構造は、種々の触媒元素のシリサイド化合物中、最も単結晶シリコンの結晶構造と類似しており、その格子定数も結晶シリコンの格子定数に非常に近い。したがって、NiSi₂はアモルファスシリコン膜の結晶化において最適な鑄型として作用し、アモルファスシリコン膜の結晶化を促進する。このとき、アモルファスシリコン膜103の厚さを25 nm以上にすることにより、十分な結晶成長が可能となり、厚さを80 nm以下にすることによって、厚さ方向に2層以上の結晶が成長することが防止できる。これにより結晶性の悪化や触媒元素の残留という問題の発生を防ぎ、高い電子移動度を備えた高品質な結晶性シリコン膜103' がアモルファスシリコン膜103から得られる。結晶化のための熱処理は1段階で行ってもよいが、熱処理炉あるいはランプアニールによる加熱とレーザ照射による加熱の組み合わせを用いることが好ましい。2段階の熱処理により、得られるTFETのトランジスタ特性が飛躍的に向上する。

【0072】

その後、図2 (c) に示すように、結晶性シリコン膜103' の不要な部分を除去して素子間分離を行い、薄膜トランジスタのソース、ドレイン領域106、108およびチャネル領域107を含む島状の素子形成領域115を形成する。基板101の全体では、複数の素子形成領域115がマトリクス状に配置される。

【0073】

図2 (c) に示すように、プラズマCVD法によって厚さ50 nm～250 nm (たとえば150 nm) の酸化シリコン膜104をゲート絶縁膜として形成後、図1に示すイオンドーピング装置10を用い、酸化シリコン膜104を介してボロンイオンを素子形成領域115にドーピングする。ボロン源にはジボランを使用する。本実施形態ではドーピング直前に測定時間200ミリ秒、測定間隔600ミリ秒でイオンビーム電流を5回測定する。また、目標とするビーム電流密度を1 μA/cm²とし、5回の測定値の3σ/Aveが10%以下となった場合にドーピングを開始する。

【0074】

図2 (d) に示すように、スパッタリング法によって、厚さ10～100 nm (たとえば60 nm) の窒化タンタル (Ta₂N₅)、および、厚さ100～500 nm (たとえば300 nm) のタングステン (W) を形成する。形成したこれらの膜をパターンニングして、Ta₂N₅/Wからなるゲート電極105を形成する。

【0075】

次に、イオンドーピング装置10を用い、ゲート電極105をマスクとして、リンイオンを素子形成領域115にドーピングする。ドーピングガスとして、ホスフィン (PH₃) を用い、加速電圧を60～90 kV (たとえば80 kV) に設定する。ドーズ量は1×10¹⁵～8×10¹⁵ cm⁻² (たとえば2×10¹⁵ cm⁻²) とする。本実施形態ではドーピング直前に測定時間200ミリ秒、測定間隔600ミリ秒でイオンビーム電流を5回測定する。また、目標とするビーム電流密度を1 μA/cm²とし、5回の測定値の3σ/Aveが10%以下となった場合にドーピングを開始する。

【0076】

リンイオンをドーピング後、窒素雰囲気中、550℃の温度で4時間熱処理を行ない、ドーピングした不純物の活性化を行う。このとき、同時に素子形成領域115のゲート電極105の下方に位置する領域（のちにチャンネル領域107となる）の中のニッケルが素子形成領域115のリンイオンがドーピングされた領域（のちにソース領域106およびドレイン領域108）中のリンに捕捉される。このため、ゲート電極105の下方に位置する領域中のニッケルの濃度が $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 程度にまで低下する。

【0077】

これにより、図2（d）に示すように、ゲート電極105下の素子形成領域115にP型のチャンネル領域107が形成され、チャンネル領域107を挟んでN型のソース領域106およびドレイン領域108が素子形成領域115に形成される。つまり、ゲート電極105、チャンネル領域107、ソース領域106およびドレイン領域108を含むN型TF T116が完成する。上述したように、チャンネル領域107におけるニッケルの濃度が $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下になるため、TF T116においてチャンネル領域107のリーク電流は小さく、結晶性が高いため、オン電流が大きい。

【0078】

N型TF TおよびP型TF Tからなる相補型の回路を形成する場合には、ボロンおよびリンを結晶性シリコン膜103'へドーピングする際、適当なマスクを用いて、選択的にボロンおよびリンをドーピングすることによって、N型領域およびP型領域を作り分け、N型TF TおよびP型TF Tを同じ基板上に形成することができる。

【0079】

図2（e）に示すように、厚さ600nmの酸化シリコン膜109を層間絶縁膜としてプラズマCVD法によって形成し、これにコンタクトホールを形成して、金属材料、例えば、窒化チタンとアルミニウムの多層膜によって薄膜トランジスタの電極110を形成する。また、ITOからなる画素電極111を形成する。最後に、1気圧の水素雰囲気中で350℃、30分の加熱処理を行い、TF T116を複数有する半導体装置が完成する。

【0080】

以下に示す表1は、上述した方法により作製されたアクティブマトリクス基板および、上述の製造工程中、ボロンおよび／またはリンの注入を従来のイオンドーピング装置を用いて作製したアクティブマトリクス基板のTF Tの特性のばらつきを示している。TF T特性のばらつきとして、閾値電圧およびソース・ドレイン間抵抗の基板内の平均値（Ave）および標準偏差（ σ ）を計測し、 $3\sigma/\text{Ave}$ を計算して百分率で示している。また、得られたアクティブマトリクス基板のうち、TF Tの特性のばらつきが所定の基準を満たすものの割合を示している。アクティブマトリクス基板は60mm×80mmであり、100万個のTF Tが含まれている。

【0081】

【表1】

試料番号	ドーピング装置		特性（ばらつき）		
	ボロンドープ （チャンネル）	リンドープ （ソース・ドレイン）	閾値電圧 （ $3\sigma/\text{Ave}$ ）	ソース・ドレイン間抵抗 （ $3\sigma/\text{Ave}$ ）	歩留まり
No. 1	本発明の装置	本発明の装置	3.5%	3.4%	99%
No. 2	本発明の装置	従来の装置	3.8%	6.7%	95%
No. 3	従来の装置	本発明の装置	7.3%	3.3%	92%
No. 4	従来の装置	従来の装置	7.2%	6.5%	85%

【0082】

表1の試料番号1の結果から明らかなように、ボロンおよびリンの注入を本発明の装置を用いて行った場合、閾値電圧およびソース・ドレイン間抵抗の基板内におけるばらつき ($3\sigma/Ave$) は5%以下と小さく、このため、基板の歩留まりも99%と高い。詳細な実験によれば、本発明のイオンドーピング装置を用いることにより、1000mm×1000mm以下の面積に対して、不純物濃度のばらつき (不純物濃度の平均値 (Ave) および標準偏差 (σ) を計測した場合の $3\sigma/Ave$) を、5%以下にすることができることがわかった。

【0083】

これに対して、ボロンの注入あるいはリンの注入を従来の装置を用いて行った場合、閾値電圧またはソース・ドレイン間抵抗のばらつきが約7%に増大してしまい、歩留まりも低下する。特に、両方の注入を従来の装置を用いて行った場合には、閾値電圧およびソース・ドレイン間抵抗のいずれのばらつきも増大する。その結果、歩留まりが85%に低下してしまう。

【0084】

このように本実施形態によれば、イオンドーピング装置を用いて不純物を半導体膜に導入する際、イオンビーム電流が安定してからドーピングを開始する。このため、イオン源において生成するイオン種の比率および電流密度が一定となり、イオンドーピングの制御を正確に行うことができる。

【0085】

特に、アモルファスシリコン膜を触媒元素により結晶化させて得られる結晶性シリコン膜を用いたTF Tを作製する場合、ソース・ドレイン領域に導入されるリンイオンの濃度はTF Tの特性に大きく影響する。具体的には、リンイオンの濃度が設定値よりも小さい場合、キャリア濃度が低下して、ソース・ドレイン領域の抵抗が高くなってしまう。また、アモルファスシリコンの結晶化を促進させるための触媒元素を捕捉するのに十分なリン濃度が得られないため、チャネル領域に触媒元素が多く残留し、リーク電流が増大するなどのTF T特性が悪化し、TF Tが動作不良を起こす可能性も生じる。一方、リンイオンの濃度が設定値よりも大きい場合、注入が過剰になることにより、結晶化したシリコンの結晶構造を破壊してしまい、結晶化シリコンがアモルファス化してしまう。このため、ソース・ドレイン領域の抵抗が高くなってしまう。

【0086】

本発明のイオンドーピング装置は、上述したようにイオンビーム電流が安定してからドーピングを開始するため、注入されるイオン種の分布が基板全体にわたって均一となり、また、イオンドーピング中のイオン種の生成比も一定に保たれる。このため、本発明のイオンドーピング装置を用いてリンイオンをドーピングし、注入量をビーム電流計測器で計測することにより、リンイオンの注入量を正確に制御することが可能となり、アモルファスシリコン膜を触媒元素により結晶化させて得られる結晶性シリコン膜を用いたTF Tを作製することができる。

【0087】

また、イオンドーピング中のイオン種の比率が一定に保たれるため、イオンビーム中のイオン種の分布が均一になり、注入されるイオンの面内均一性が高まる。このため、本発明の半導体装置において、半導体膜にドーピングされる不純物イオンの比率およびドーズ量が均一となり、半導体素子間の特性のばらつきが小さくなる。

【0088】

なお、本実施形態では、アモルファスシリコン膜を触媒元素により結晶化させて得られる結晶性シリコン膜を用いたTF Tにおいて、チャネルを形成するためのボロンの注入およびソース・ドレイン領域を形成するためのリンの注入に本発明のイオンドーピング装置を用いた。しかし、他の半導体装置の不純物導入工程に本発明のイオンドーピング装置を用いてもよく、たとえば、アクティブマトリクス基板のTF TがLDD構造を備えている場合には、LDD構造を形成するための不純物導入に本発明のイオンドーピング装置を用いてもよい。また、単結晶半導体基板を用いて製造される種々の半導体装置に本発明のイ

オンドーピング装置を用いてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0089】

本発明は質量分離型および非質量分離型のイオンドーピング装置に好適に用いることができる。特に、表示装置など大面積の半導体装置を製造するための量産性にすぐれたイオンドーピング装置に好適に用いることができる。また、本発明は、種々の半導体装置、特に、液晶表示装置などの大面積を有する半導体装置の製造に好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図1】 本発明のイオンドーピング装置の一実施形態を示す模式図である。

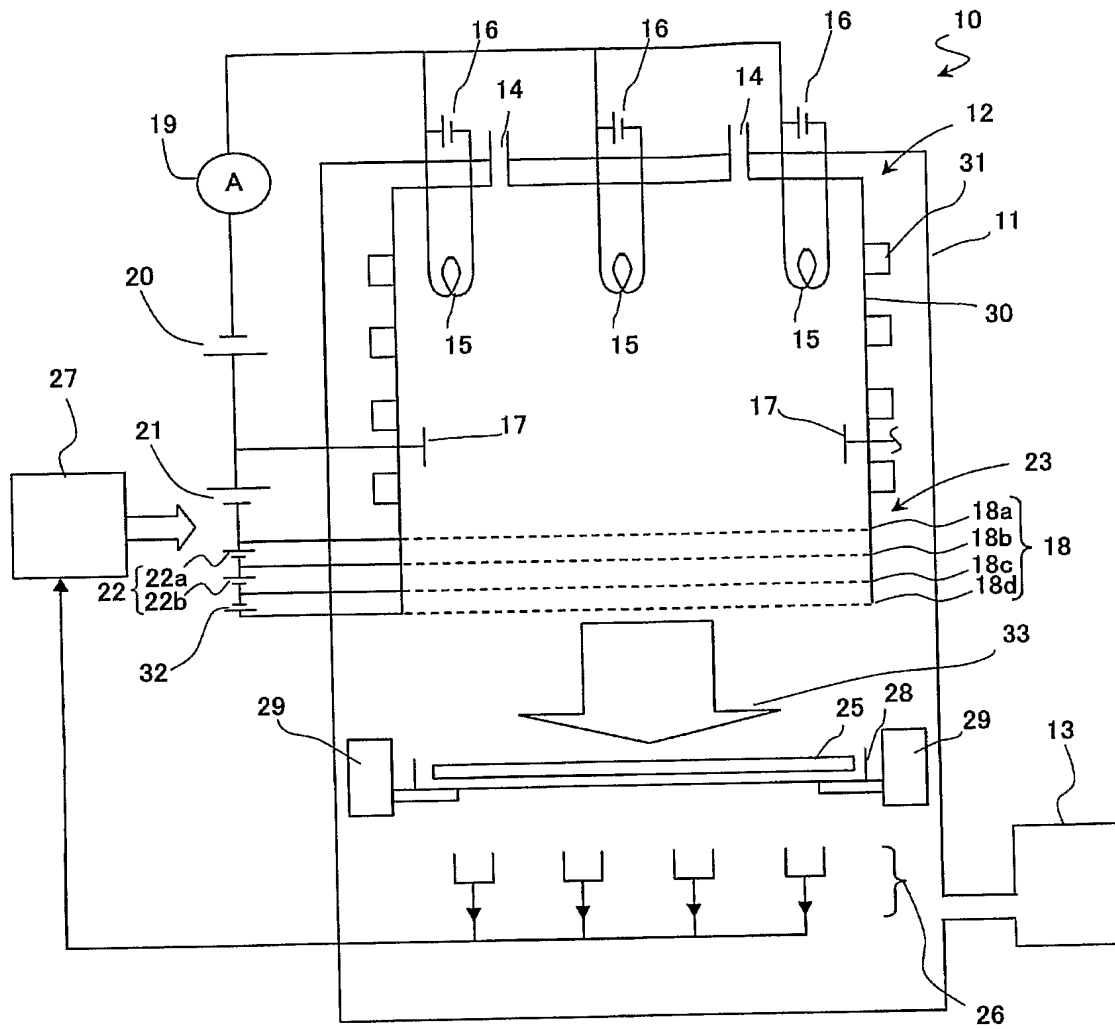
【図2】 (a) から (e) は、本発明の半導体装置の製造工程を説明する模式的断面図である。

【符号の説明】

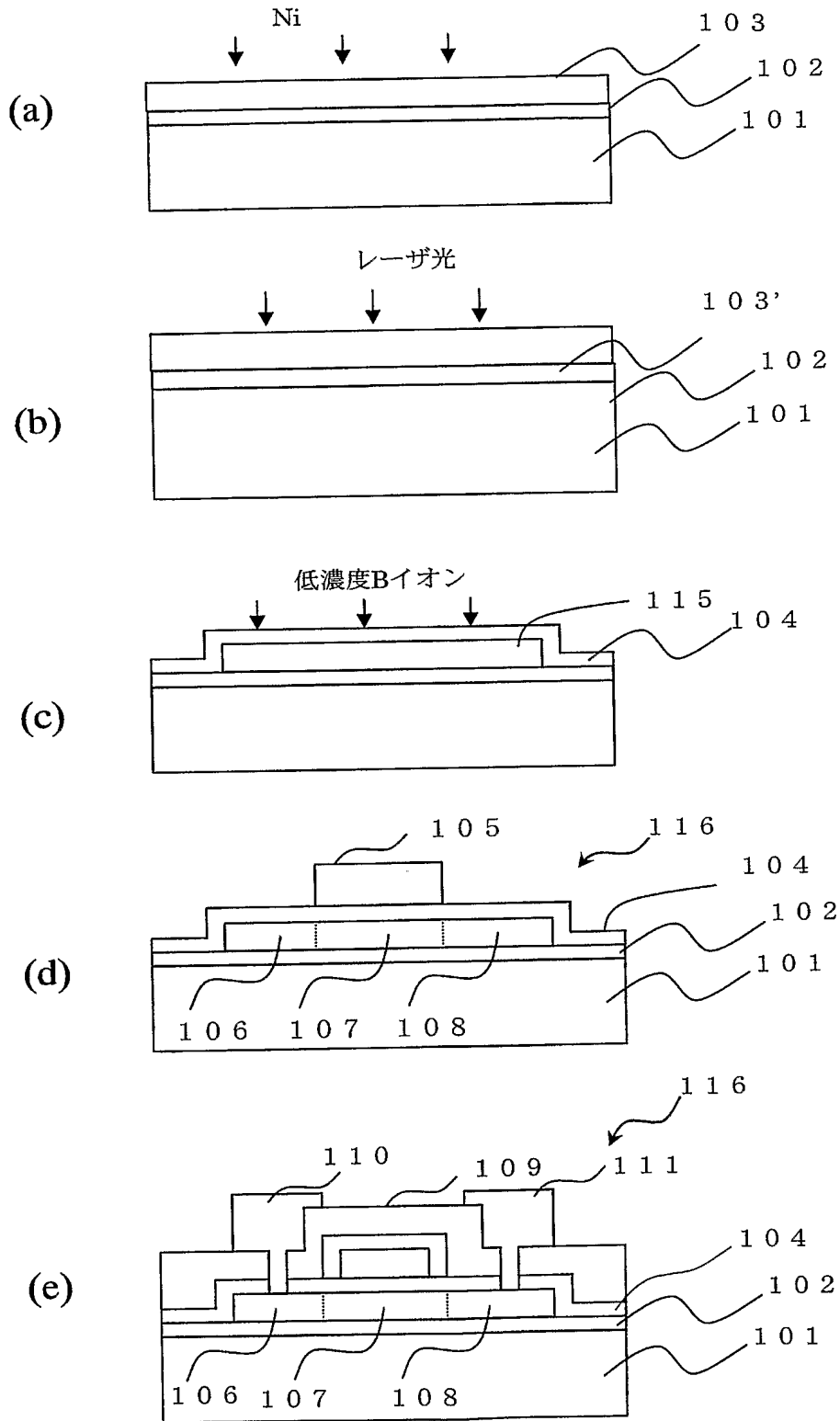
【0091】

- 10 イオンドーピング装置
- 11 チャンバー
- 12 イオン源
- 13 排気部
- 14 ガス導入口
- 15 フィラメント
- 16 フィラメント電源
- 17 アノード電極
- 18 a、18 b、18 c、18 d 電極
- 19 電流計
- 20 アーク電源
- 21 引き出し用電源
- 22 加速用電源
- 26 ビーム電流計測器
- 29 移動機構
- 32 減速用電源
- 101 基板
- 102 酸化シリコン膜
- 103 アモルファスシリコン膜
- 103' 結晶性シリコン膜
- 104 ゲート絶縁膜
- 105 ゲート電極
- 106 ソース領域
- 107 チャネル領域
- 108 ドレイン領域
- 116 TFT

【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 ドーピング量の制御性に優れるイオンドーピング装置を提供する。

【解決手段】 チャンバー 1 1 と、チャンバー 1 1 内の気体を排気する排気部 1 3 と、チャンバー 1 1 に設けられたイオン源 1 2 であって、ドーピングすべき元素を含むガスを導入する導入口 1 4 を含み、導入口 1 4 から導入されるガスを分解し、ドーピングすべき元素を含むイオンを生成するイオン源 1 3 と、イオン源 1 3 で生成したイオンをイオン源から引き出し、チャンバー内に保持された対象物に向けて加速するための加速部 2 3 と、加速されたイオンによるビーム電流を測定するビーム電流計測器 2 6 とを備え、ビーム電流計測器 2 6 によってビーム電流を複数回測定し、測定したビーム電流値が所定の範囲内である場合に、ドーピングすべき元素を含むイオンを対象物に自動的に注入を開始するイオンドーピング装置。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 2 6 6 6 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1. 変更新月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市阿倍野区长池町 2 2 番 2 2 号

氏 名 シャープ株式会社